

Ergospirometrische
Parameter bei gewichtsadäquater,
submaximaler Belastung
mit 1 Watt/kg Körpergewicht

Christoph Tretter

Miss
umchen
edlt

Aus dem Institut für die Prophylaxe der Kreislauf-
krankheiten bei der Universität München
Pettenkoferstraße 9, 8000 München 2

Ergospirometrische Parameter bei gewichtsadäquater,
submaximaler Belastung mit 1 Watt/kg Körpergewicht

Korrelative Betrachtung von Personen im Alter zwi-
schen 21 - 60 Jahren unter Berücksichtigung des
normalen bzw. abnormen Körpergewichts.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Christoph Tretter
aus
Augsburg
Jahr
1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Schwalb

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Schimmert

Dekan: Prof. Dr. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juni 1984

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. <u>Einleitung und Fragestellung</u>	1
B. <u>Methodik</u>	3
I. Untersuchungsgut	3
- Auswahlkriterien	3
- Normalgewichtige	3
- Übergewichtige	4
- Vergleich von Normal- und Übergewichtigen	4
II. Untersuchungsmethoden	6
III. Statistische Methoden	8
C. <u>Ergebnisse</u>	9
I. Basisstatistik	9
II. Parameter der Leistungsfähigkeit bei Normalgewichtigen	11
III. Parameter der Leistungsfähigkeit bei Übergewichtigen	12
IV. Vergleich von Parametern der Leistungsfähigkeit bei Normal- und Übergewichtigen	13
V. Verhalten des Blutdrucks	14

	Seite
D. <u>Diskussion</u>	16
I. Einfluß des normalen Körpergewichts	16
II. Einfluß des abnormen Körpergewichts	19
III. Verhalten des Blutdrucks	22
E. <u>Zusammenfassung</u>	24
F. <u>Graphische Darstellungen</u>	26
G. <u>Tabellen</u>	31
H. <u>Literaturverzeichnis</u>	42
I. <u>Lebenslauf</u>	51

A. Einleitung und Fragestellung

Die Gesamtstatistik der letzten Jahre zeigt, daß chronisch-degenerative Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems häufig durch zu hohes Körpergewicht verursacht werden und insgesamt mehr als die Hälfte aller Todesfälle ausmachen (16,20). Gerade deshalb kommt der Erfassung von Risikofaktoren und präventiven Maßnahmen, wie die routinemäßig durchzuführende Prüfung des kardiovaskulären bzw. respiratorischen Systems, eine immer wichtigere Bedeutung zu.

Untersuchungen zur Bestimmung der maximalen Herzfrequenz, der Physical Working Capacity (PWC 170) oder der maximalen Sauerstoffaufnahme sind sicher auf dem Gebiet des Leistungssports angezeigt, kommen aber als Screening-Methode nicht in Frage, da sie nur begrenzt bei Kindern, älteren Menschen oder gar Kranken eingesetzt werden können. Belastungsprüfungen auf submaximalem Niveau sind daher besser geeignet. Sie haben den Vorteil, daß die geforderte Anstrengung fast jedem zumutbar ist, die Untersuchung selbst nur wenig Zeit in Anspruch nimmt und ein Zustand der Ergostase erreicht werden kann (37). Viele Untersuchungen dieser Art sind bereits vorgeschlagen worden. So zum Beispiel die Stufentests von Master oder Hettinger, die Kletterstufe von Kaltenbach und Klepzig, die Bestimmung der Dauerleistungsfähigkeit nach Hollmann oder auch der Leistungspulsindex von Müller (22,25,28,34,43).

Wir haben uns für eine gewichtsadäquate Belastung mit 1 Watt/kg Körpergewicht entschieden. Der Arbeitskreis um Mellerowicz (36, 39) hat für die wichtigsten ergospirometrischen Parameter schon Normbereiche erstellt, die jedoch streng genommen nur für die Belastung in sitzender Position Gültigkeit haben. Schwalb (53) hat Normwerte für das Erwachsenenalter bei liegender Belastung erarbeitet und fand, daß einige Meßdaten, die auf submaximaler Belastungsstufe ermittelt wurden, bereits zuverlässige Aussagen über die individuelle, maximale Leistungsfähigkeit erlauben. Außerdem untersuchte Beck (7) die kardialen Funktionsgrößen und konnte zeigen, daß sich die Herzfrequenz und das Herzminutenvo-

lumen, somit also auch das Schlagvolumen, bei diesem Belastungsmodus auf konstante Werte einstellt.

Ziel dieser Arbeit soll sein, die Aussagekraft einzelner ergospirometrischer Parameter in Abhängigkeit vom Körpergewicht genauer zu prüfen. Es stellt sich in diesem Zusammenhang nämlich die Frage, inwieweit das jeweilige Körpergewicht, sowohl im normalen wie auch im abnormen Bereich, den Leistungsvergleich und damit die Bewertung der individuellen Leistungsfähigkeit beeinflusst? Es ist zu klären, ob Normalgewichtige und Adipöse mit Hilfe der gewichtsadäquaten Belastung richtig zu beurteilen sind, welche Parameter ihre tatsächliche Leistungsfähigkeit am besten ausdrücken und wie stark dabei das Herz-Kreislauf-System des Einzelnen überhaupt beansprucht wird. Darüber hinaus interessierte uns das Verhalten des Belastungsblutdrucks! All diese Fragen sind bisher kaum untersucht, noch zufriedenstellend beantwortet worden.

B. Methodik

I. Untersuchungsgut

- Auswahlkriterien

Wir haben 327 Personen, 210 Männer und 117 Frauen, im Alter von 21 - 60 Jahren untersucht. Es sind nur gesunde Personen berücksichtigt, die anamnestisch, elektrokardiographisch und radiologisch keine Hinweise auf eine Erkrankung des Herzens, des Kreislaufs oder der Atmung boten. Da bekannt ist, daß regelmäßig Sporttreibende, die Ausdauerleistungen vollbringen, auch deutlich leistungsfähiger sind, haben wir nur Daten von Probanden verwertet, die keinen Vereins- oder gar Leistungssport betreiben (50).

Außerdem haben wir nur Personen mit normalem Blutdruck in Ruhe (Tab. 11), also mit Werten bis maximal 140/90 mmHg, zur Untersuchung zugelassen (59).

Zur Berechnung des relativen Körpergewichts wurde der Broca-Index verwendet. Er errechnet sich aus der Körpergröße in cm - 100. Davon muß, um das ideale Sollgewicht zu ermitteln, bei Männern 10%, bei Frauen 15% abgezogen werden (20). Dieses Idealgewicht wurde gleich 100% gesetzt und galt als Bezugspunkt zur Beurteilung der Normal- bzw. Übergewichtigkeit.

- Normalgewichtige

Insgesamt wurden 254 Probanden, 158 Männer und 96 Frauen, untersucht. Normalgewichtig waren Männer, wenn deren relatives, nach Broca ermitteltes Körpergewicht zwischen 95 - 105% lag. Bei den Frauen konnte dieser strenge Maßstab nicht ganz eingehalten werden. Sie wurden auch dann noch als normalgewichtig angesehen, wenn ihr relatives Körpergewicht um nicht mehr als 10% vom Ideal-Sollgewicht abwich.

Um eine eventuelle Abhängigkeit ergospirometrischer Parameter vom Alter feststellen zu können, erfolgte eine Gruppierung nach Dekaden (Tab. 1,2). Des weiteren haben wir nach Gewichtsklassen unterteilt. Bei den normalgewichtigen Männern konnten 5, bei den nor-

malgewichtigen Frauen 3 verschiedene Klassen aufgestellt werden (Tab. 3,4). Da zur Beurteilung der Normalgewichtigkeit der Broca-Index herangezogen wurde, besteht somit auch ein direkter Zusammenhang zwischen den aufgestellten Gewichtsklassen und der jeweiligen Körpergröße. Es finden sich also in der höheren Gewichtsklasse auch entsprechend größere Probanden, die aber alle ein gleiches relatives, normales Körpergewicht besitzen und alle dem eigenen Gewicht entsprechend belastet wurden.

Bei der Untersuchung des Blutdruckverhaltens wollten wir in erster Linie einen möglichst genauen Normbereich bei einer vorgegebenen, gewichtsproportionalen Leistungsanforderung mit 1 Watt/kg Körpergewicht aufstellen. Zusätzlich haben wir diese Ergebnisse, ähnlich wie die anderen ergospirometrischen Parameter, nach Geschlecht, Alter und Gewicht aufgeteilt, um so eventuelle Einflüsse auf das Blutdruckverhalten erkennen zu können.

- Übergewichtige

Das Untersuchungsgut der Fettleibigen umfaßt 73 Personen, 52 Männer und 21 Frauen. Wie die Normalgewichtigen wurden auch sie nach Alter, Geschlecht und Gewicht unterteilt (Tab. 5-8). Bei den adipösen Männern wurde außerdem der Grad der Übergewichtigkeit berücksichtigt. Als leicht adipös (L.A.) wurden Probanden mit einem relativen Körpergewicht zwischen 110% und 125% angesehen. Von starker Adipositas (S.A.) gingen wir bei einem relativen Körpergewicht von über 125% aus. Um auch deren Blutdruckverhalten näher beurteilen zu können, sind diese Daten in gleicher Weise wie bei den Normalgewichtigen aufgeschlüsselt worden.

- Vergleich von Normal- und Übergewichtigen

Bei gewichtsbezogenem Belastungsmodus sind Normal- und Übergewichtige nicht in bezug auf ihre Körpergröße, ihre Körperoberfläche oder auf ihr Idealgewicht miteinander zu vergleichen, da zu beachten ist, daß der Schwerere seinem erhöhten Gewicht entsprechend stärker belastet wird und somit im Vergleich zum Leichtereren eine größere Absolutleistung vollbringt. Ob diese

jeweiligen Leistungen als biologisch gleichwertig einzustufen sind, muß nachfolgend geklärt werden. Um dennoch aber Vergleiche ziehen zu können, haben wir das jeweilige absolute Körpergewicht als Bezugspunkt verwendet. So sind Probanden mit jeweils gleichem absoluten Gewicht, bei diesem Belastungsmodus also mit gleich erbrachter Wattleistung, in einer Klasse zusammengefaßt worden. Die Untersuchten dieser Gruppe unterschieden sich damit nur im relativen Körpergewicht, aufgrund dessen sie dann auch als normal-, leicht bzw. schwer übergewichtig klassifiziert wurden (Tab. 9,10).

II. Untersuchungsmethoden

Zur Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Kapazität des Herz-Kreislauf-Systems wurden Untersuchungen im submaximalen Bereich mit einer gewichtsadäquaten Belastung von 1 Watt/kg Körpergewicht durchgeführt. Die Messung erfolgte am Fahrradergometer im Liegen. Die Drehzahl betrug 40 Umdrehungen pro Minute, ein Zustand der Ergostase wurde erreicht. Die Leistungstests sind mit einem Spirographen der Firma Meditron vom Typ 710 Magna Test im geschlossenen System vorgenommen worden und fanden vorwiegend am Vormittag von 8⁰⁰ bis 11³⁰ Uhr statt. Die Vereinbarungen des Standardisierungskomitees für Ergometrie über die "Leistungsumsatzbedingungen bei ergometrischer Untersuchung" wurden eingehalten (38).

Folgende ergospirometrischen Parameter wurden ermittelt:

- Herzfrequenz (HF) nach dem EKG
(Extremitäten- und Brustwandableitungen V_2, V_4, V_6)
- Blutdruck (RR) systolisch und diastolisch nach Riva Rocci und Krotkoff am rechten Arm in Ruhe und am Ende der letzten Belastungsminute.
- Sauerstoffaufnahme (VO_2); ml pro Minute
- Sauerstoffpuls (O_2P); Formel: $VO_2 : HF$
- Herzvolumen (HV) aufgrund röntgenkymographischer Aufnahmen in seiner diastolischen Größe vor Beginn der Untersuchung. Die Berechnung erfolgte nach der von Musshoff und Reindell modifizierten und gemäß der von uns angewandten Technik korrigierten Formel von Rohrer und Kahlstorf (27,51)

Formel: $HV = 0,32 \cdot l \cdot b \cdot t_{max}.$

l = Längsdurchmesser

b = Breitendurchmesser

t_{max} = größter Tiefendurchmesser

- Atemminutenvolumen (AMV); 1 pro Minute
- Atemäquivalent (AÄ), Formel: $AMV \times 100 : VO_2$

Außerdem wurden die auf das Körpergewicht bezogenen relativen Werte für die Sauerstoffaufnahme, das Atemminutenvolumen und den Sauerstoffpuls rechnerisch ermittelt.

III. Statistische Methoden

Aus den in einen Computer der Firma Hewlett Packard, Modell 9830 A, eingegebenen Daten wurde das arithmetische Mittel ($\bar{x}$) und die mittlere quadratische Abweichung (s) errechnet. Die Prüfung der Signifikanz von Mittelwertunterschieden erfolgte nach dem t-Test (Student-Test). Diese Werte wurden wie folgt definiert:

$$\text{arithmetisches Mittel} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{u}$$

$$\text{Standardabweichung} \quad s_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{u - 1}}$$

$$\text{Student-Test} \quad t = d/s_{\mu d}, \text{ wobei}$$

$$d = |\bar{x}_1 - \bar{x}_2| \text{ und}$$

$$s_{\mu d} = \sqrt{\frac{s_1^2}{u_1} + \frac{s_2^2}{u_2}}$$

$$\mu = \text{Freiheitsgrade der t-Verteilung} = u_1 + u_2 - 2$$

Die Signifikanzschranken t der Student-Verteilung wurden aus den Wissenschaftlichen Tabellen der Computerfirma entnommen.

Prozentuale Zufallswahrscheinlichkeit

0,001 > p	=	hoch signifikant	(***)
0,01 > p > 0,001	=	signifikant	(**)
0,05 > p > 0,01	=	wahrscheinlich sig.	(*)
p > 0,05	=	nicht signifikant	(Ø)

C. Ergebnisse

I. Basisstatistik

Bei der Auswahl unserer Probanden haben wir versucht, ein dem Bevölkerungsquerschnitt entsprechendes Untersuchungsgut zusammenzustellen. Es sind nur gesunde Personen aus allen sozialen Schichten mit Berufen unterschiedlicher körperlicher Aktivität ausgewählt worden.

Allgemein ist zu sagen, daß unsere Ergebnisse in weitgehender Übereinstimmung stehen mit denen anderer Untersucher (7,13,14, 15,39,53). Allerdings muß betont werden, daß wir als Belastungsform eine Tretkurbelarbeit im Liegen durchgeführt haben, so daß unsere Ergebnisse erst nach entsprechender Korrektur mit Daten zu vergleichen sind, die entweder in einer anderen Belastungsposition oder mit einer anderen Umdrehungszahl ermittelt wurden (36,47).

Der Einfluß des Alters (Tab. 1,2) kommt in unserem Untersuchungsgut wie folgt zum Ausdruck:

- Das Atemäquivalent steigt und ist im Vergleich zu den Jüngeren signifikant höher (Abb. 4). Damit wird deutlich, daß die Atemökonomie, die durch das Verhältnis von Ventilationsmenge zu transportiertem Sauerstoff gegeben ist, sich mit zunehmendem Alter verschlechtert (17,21).
- Der Ventilationsaufwand selbst, ausgedrückt durch das absolute bzw. relative Atemminutenvolumen, wird ebenfalls altersabhängig größer (21,23). Um der gleichen Leistungsanforderung gerecht zu werden, braucht der ältere Mensch wesentlich mehr Atemvolumen. Ein Grund dafür ist sicherlich in dem veränderten Feinbau der Alterslunge (z.B. Emphysem) zu sehen.

- Die zu erwartende Verringerung der Belastungsherzfrequenz ist in unserem Untersuchungsgut statistisch nicht nachweisbar. Wahrscheinlich ist die Leistungsanforderung mit 1 Watt/kg Körpergewicht doch zu gering, um diesen Alterseffekt bereits darstellen zu können (9,24,33).

Erhebliche Geschlechtsdifferenzen fanden wir bei der Gegenüberstellung folgender ergospirometrischer Parameter:

- Die weibliche Herzfrequenz ist bereits bei submaximaler Belastung etwa 10% höher als die der Männer und läßt darauf schließen, daß Frauen ihre maximale Herzfrequenz früher, d.h. bei niedrigerer Leistungsanforderung, erreichen und damit eine geringere maximale Leistungsfähigkeit besitzen (5,36,57).
- Der kleinere Sauerstoffpuls und das kleinere Herzvolumen machen deutlich, daß die kardiale Leistungsbreite der Frau schmaler ist.
- Bei den Lungenfunktionsgrößen, wie Sauerstoffaufnahme, Atemminutenvolumen oder Atemäquivalent, wird die gleichfalls geringere Belastbarkeit deutlich. So ist die Sauerstoffaufnahme um circa 30% kleiner. Verantwortlich dafür ist größtenteils das geringere Atemminutenvolumen, so daß die kleinere Lungenkapazität auch weniger Sauerstoff dem eigenen Herz-Kreislauf-System zur Verfügung stellen kann. Des weiteren ist auch das weibliche Atemäquivalent schon auf submaximalem Belastungsniveau deutlich erhöht und drückt damit nochmals die begrenzte kardiopulmonale Leistungsreserve der Frau aus (Abb. 4).

II. Parameter der Leistungsfähigkeit bei Normalgewichtigen

Werden diese Probanden nach Körpergewicht aufgeteilt, so fällt eine konstant große Herzfrequenz und ein konstantes Atemäquivalent auf. Beide Parameter sind nicht abhängig vom absoluten Körpergewicht. Bei den Männern erhielten wir Werte von ca. 108 Schlägen pro Minute für die Herzfrequenz und um 2,3 für das Atemäquivalent. Die weibliche Herzfrequenz, wie auch das Atemäquivalent lagen höher. Bei ihnen konnten wir gleichbleibende Ergebnisse von 117 Schläge pro Minute und einen Wert von 2,4 für das Atemäquivalent messen (Tab. 3,4).

Vom Körpergewicht abhängige Beziehungen (Abb. 1) dagegen waren für die absolute Sauerstoffaufnahme, das Atemminutenvolumen, den Sauerstoffpuls und für das Volumen des Herzens nachweisbar. Diese Parameter nehmen alle dem Körpergewicht entsprechend linear zu. Ihre relativen Werte, die wir rechnerisch ermittelt haben, waren jedoch wiederum in allen Gewichtsklassen gleich.

Eine weitere direkt proportionale Beziehung besteht zwischen dem Herzvolumen und dem Sauerstoffpuls (Abb. 2). Je größer das Herz, desto mehr Sauerstoff wird pro Pulsschlag dem Körper zugeführt. Auch zwischen dem Atemminutenvolumen und der Größe der Sauerstoffaufnahme (Abb. 3) besteht bei Normalgewichtigen ein direkter Zusammenhang. So kann mit Hilfe eines größeren Atemminutenvolumens die Sauerstoffaufnahme über die Lungen gesteigert werden.

III. Parameter der Leistungsfähigkeit bei Übergewichtigen

Allgemein fällt bei der Analyse der Ergebnisse eine weit größere Schwankungsbreite der einzelnen Parameter auf (Tab. 5-8). Sie ist wahrscheinlich durch die individuell unterschiedlich gute Adaptation des Herz-Kreislauf-Systems an das erhöhte Gewicht bedingt. Insofern können keine statistisch gesicherten Rückschlüsse auf eventuelle Einflüsse des Alters bzw. ungleiche physiologische Belastungsanforderungen gezogen werden.

Beim Vergleich der Übergewichtigen Männer untereinander (Tab. 7), die ja so eingeteilt wurden, daß sie bei gleichem absoluten Gewicht sich nur im relativen Übergewicht unterschieden, kommt deutlich zum Ausdruck, daß die stärker Übergewichtigen schlechtere kardio-pulmonale Meßwerte erzielen. So ist die Herzfrequenz bei den schwer Adipösen um bis zu 15 Schläge pro Minute höher. Ähnlich verhält sich auch das Atemäquivalent. Weiterhin fällt trotz starker Streubreite, beim Vergleich der Übergewichtigen untereinander ein beinahe gleich groß bleibendes Herzvolumen auf. Die lineare Korrelation zwischen Körpergewicht und Herzvolumen, wie wir sie bei den Normalgewichtigen nachweisen konnten, geht hier verloren. Allenfalls eine leichte Volumenvergrößerung von 100 ccm ist zwischen der leichtesten und der schwersten Gewichtsklasse bei den Männern festzustellen.

Gewichtsentsprechend dagegen erhöhen sich die Sauerstoffaufnahme und das Atemminutenvolumen und machen deutlich, daß zunehmendes Übergewicht einen größeren Atemaufwand erfordert. Dieser Mehraufwand ist aber unökonomisch, d.h. das Verhältnis zwischen Ventilation und Sauerstoffaufnahme wird immer schlechter. Die höheren Parameter für das Atemäquivalent und die kleineren Werte für den Sauerstoffpuls zeigen dies deutlich.

IV. Vergleich von Parametern der Leistungsfähigkeit bei Normal- und Übergewichtigen

In dieser Auswertung wurden Personen mit absolut gleichem, aber unterschiedlichem relativen Körpergewicht einander gegenübergestellt (Tab. 9,10). Der Vergleich von normal, leicht und schwer Übergewichtigen (Abb. 5) zeigt dabei signifikante Differenzen für die Herzfrequenz, das Atemäquivalent, das Atemminutenvolumen und für den relativen Sauerstoffpuls. Die höhere Herzfrequenz und der niedrigere Sauerstoffpuls stellen die schlechtere kardiale Leistungsreserve des Übergewichtigen dar, während das größere Atemäquivalent und Atemminutenvolumen mehr die pulmonal bedingte Leistungseinbuße deutlich machen. Da in dieser Zusammenstellung alle Probanden ein einheitliches absolutes Körpergewicht hatten, sind die Werte für die Sauerstoffaufnahme, die ja vom jeweiligen Körpergewicht abhängig ist, bei Normal- wie Übergewichtigen in etwa gleich groß.

V. Verhalten des Blutdrucks

Vorweg wurden bei unserer Untersuchung Personen mit erhöhtem Blutdruck ausgeschlossen, so daß man bei Normal- und Übergewichtigen von einer normotonen Blutdrucklage in Ruhe ausgehen kann (Tab. 11). Bei den Männern schwankten die systolischen Werte zwischen 125 mmHg und 130 mmHg, während wir diastolische Werte von 80 - 85 mmHg messen konnten. Besonders zu erwähnen ist, daß bei den untersuchten Frauen bis 40 Jahre die systolischen Blutdruckwerte um bis zu 10 mmHg niedriger waren als die der Männer, im Alter dagegen paßten sich ihre Werte denen der gleichaltrigen Männer an.

Auch unter Belastung mit 1 Watt/kg Körpergewicht reagierten beide Geschlechter unterschiedlich. Während normalgewichtige Männer insgesamt einen Durchschnittswert von 170/95 mmHg erreichten, lag der weibliche Blutdruck im Mittel bei 160/90 mmHg. Wie schon in Ruhe, so stellten wir auch unter Belastung ein gleiches Blutdruckverhalten erst ab der 5. Lebensdekade bei Mann und Frau fest. Auch hier lag der Belastungsblutdruck jüngerer Frauen um 10 - 15 mmHg unter vergleichbaren systolischen Werten der Männer. Außerdem konnten wir bei den Normalgewichtigen nachweisen, daß deren Blutdruck bei Belastung nur in Abhängigkeit vom Alter steigt und kein Einfluß in bezug auf das absolute Gewicht besteht. So hatten alle normalgewichtigen Probanden, unabhängig davon wie schwer sie waren, einen annähernd gleich großen Belastungsblutdruck.

Bei den Übergewichtigen fällt, wie schon bei allen anderen ergo-spirometrischen Parametern, die große Streubreite auch des systolischen wie diastolischen Belastungsblutdrucks auf, so daß keine statistisch gesicherten Aussagen hinsichtlich eines eventuellen Alters- bzw. Gewichtseinflusses gemacht werden können. Nur in bezug auf den unterschiedlichen Grad der Übergewichtigkeit sind folgende Ergebnisse festzustellen:

- Stark Übergewichtige haben im Vergleich zu leicht Übergewichtigen, trotz gleichem Absolutgewicht, systolisch einen

um ca. 40 mmHg, diastolisch einen um etwa 10 mmHg höheren Blutdruck (Tab. 7).

- Diese überschießende Blutdruckreaktion von Probanden mit stärkerem Übergewicht konnte auch beim Vergleich mit Normalgewichtigen signifikant dargestellt werden (Tab. 9,10).

D. Diskussion

I. Einfluß des normalen Körpergewichts auf spiroergometrische Parameter

Um die Frage beantworten zu können, ob der gewichtsbezogene Belastungsmodus mit 1 Watt/kg Körpergewicht unterschiedlich schwere Normalgewichtige, die somit verschiedene absolute Wattleistungen erbringen, in physiologisch gleicher Weise belastet, muß vorweg geklärt werden, wer überhaupt als normalgewichtig anzusehen ist. Darüber gibt es viele Ansichten. So sehen zum Beispiel große Lebensversicherungsgesellschaften den mit der statistisch höchsten Lebenserwartung als normalgewichtig an, während der von uns angewandte Broca-Index, der in einer Vielzahl von klinischen Studien benützt wurde und sich dabei als ausreichend erwiesen hat, sich nur auf die jeweilige Körpergröße bezieht, die Statur des Einzelnen aber außer acht läßt. Alle stimmen jedoch darin überein, daß nur der Normalgewichtige sein kardio-vaskuläres, wie pulmonales System optimal der eigenen Körpermasse angepaßt hat.

Als Parameter, die diesen physiologischen Anpassungsprozeß am besten verdeutlichen, haben wir die Herzfrequenz und das Atemäquivalent ausgewählt. Vor allem die Herzfrequenz hat den Vorteil, daß sie einfach ermittelt werden kann und somit die Bewertung des Herz-Kreislauf-Systems in kürzester Zeit ermöglicht. Die Erfassung des Atemäquivalents dagegen erfordert einen größeren Aufwand, gibt aber exakt Auskunft über die kardio-pulmonale Ausbelastung und ermöglicht zusätzlich die Beurteilung der verbleibenden Reserven des Körpers.

Beide Parameter nehmen in unserer Untersuchung (Tab. 3,4), unabhängig vom absoluten Körpergewicht, gleichbleibende Werte an und verdeutlichen damit:

- Die gewichtsbezogene Belastung stellt eine gleich große Leistungsanforderung für alle normalgewichtigen Probanden dar. Obwohl diese unterschiedlich schwer waren und damit auch verschiedene Wattleistungen zu erbringen hatten, wurden alle doch biologisch gleich gefordert.

- Von einer gleich großen biologischen Anforderung kann aber nur dann ausgegangen werden, wenn das Herz-Kreislauf-System wie auch das Respirationssystem unserer Probanden sich jeweils der eigenen Körpermasse entsprechend optimal entwickelt hat. Wie die konstanten ergometrischen Parameter zeigen, ist dies bei den Normalgewichtigen in unserem ausgewählten Untersuchungsgut der Fall.
- Wegen des Broca-Index' stehen unsere Gewichtsklassen auch in enger Beziehung zur jeweiligen Körpergröße. So besagen unsere Ergebnisse auch, daß normalgewichtige Personen durch die gewichtsadäquate Belastung, unabhängig von ihrer Größe, gleich stark gefordert werden und miteinander zu vergleichen sind. Dabei gilt zur Beurteilung der jeweiligen Leistungsfähigkeit wiederum ein Normbereich. Allerdings sei darauf hingewiesen, daß vor Beginn unserer Untersuchung jeder Proband sich selbst die für ihn günstigste Tretposition im Liegen aussuchen durfte und sich damit die besten Hebelverhältnisse selbst schaffen konnte, so daß niemand aufgrund seiner Körpergröße eine eventuell zu geringe bzw. zu schwere Kurbelarbeit zu verrichten hatte.

Trotzdem überrascht die nur geringfügige Schwankung unserer Ergebnisse für die Herzfrequenz, denn man muß bedenken, daß sie auf niedrigem Belastungsniveau ermittelt wurde und dabei doch noch individuell unterschiedlich starken Einflüssen unterliegt. So spielen Tagesschwankungen der körperlichen Fitness, die Ruheherzfrequenz, der Trainingszustand, der Tonus des vegetativen Nervensystems und andere psychische Faktoren eine gewisse Rolle und lassen eigentlich keine so gleichbleibende Frequenz für alle Normalgewichtigen von vornherein vermuten. Ähnliches gilt auch für das Atemäquivalent. Wie bekannt, ist es nicht nur ein Maß für die Atemökonomie, sondern auch ein empfindlicher Anzeiger morphologischer Änderungen des Feinbaus der Lunge, so daß der Einfluß des Alters zu berücksichtigen ist (Tab. 1,2) und bei vergleichenden Untersuchungen in Rechnung gestellt werden muß (23).

Für das Atemminutenvolumen, die Sauerstoffaufnahme und den Sauerstoffpuls dagegen sind keine konstanten Werte zu erwarten. Wie Abb. 1 zeigt, besteht sogar ein linearer Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Körpergewicht und den obengenannten Größen (21,31,49,52). Es ist einleuchtend, daß ein schwer gebauter Proband unter gewichtsadäquater Belastung eine wesentlich größere Stoffwechselleistung vollbringt als ein leicht gebauter. Für die größere aktive Körpermasse, vor allem für seine Muskulatur, benötigt der Schwergewichtigere mehr Sauerstoff. Dieser größere Bedarf schlägt sich in höheren Werten für das Atemminutenvolumen, die Sauerstoffaufnahme und den Sauerstoffpuls nieder. Der relative, auf das Körpergewicht bezogene Vergleich dieser Größen dagegen zeigt konstante Werte, so daß auch durch diese ergospirometrischen Parameter eine gleiche biologische Leistungsanforderung nochmals zum Ausdruck kommt (Tab. 3,4).

II. Einfluß des abnormen Körpergewichts auf spiroergometrische Parameter

Die höhere Herzfrequenz, größere Werte für das Atemminutenvolumen, sowie ein niedrigerer relativer Sauerstoffpuls machen deutlich, daß die gewichtsadäquate Belastung bei Übergewichtigen, im Gegensatz zu Normalgewichtigen, keine physiologisch angepaßte Belastungsform mehr darstellt. Die Ergebnisse sprechen dafür, daß das tatsächliche Körpergewicht mit zunehmendem Maße der Adipositas wohl immer mehr vom Anteil der Fettmasse bestimmt wird und sich somit das Verhältnis fettfreie, aktive Körpermasse, zu Fett immer mehr zugunsten der letztgenannten Größe verschiebt. Da aber bekanntlich gerade die aktive Körpermasse, vorwiegend also Muskulatur, eng mit der aeroben und funktionellen Kapazität des kardio-pulmonalen Systems korreliert (9,11,26,40,41,42,55,56), ist beim Fettsüchtigen eine gewichtsproportionale Anpassung seines Herz-Kreislauf-Systems nicht mehr zu erwarten.

Diese mangelhafte Adaptation fällt beim bloßen Vergleich (Tab. 9, 10) der Sauerstoffaufnahme von Normal- und Übergewichtigen nicht wesentlich auf. Unsere, wie auch Untersuchungen anderer, zeigen kaum Differenzen bei gleich großer physikalischer Belastung (4, 6,52). Um deshalb die pulmonale Leistungsfähigkeit Übergewichtiger genauer beurteilen zu können, müssen zusätzliche Parameter herangezogen werden. So verdeutlicht ein im Vergleich zum Normalgewichtigen größeres Atemminutenvolumen, wie auch ein höheres Atemäquivalent die stärkere Ausbelastung bzw. ein unökonomischeres Verhalten im Sinne einer kardio-respiratorischen Insuffizienz. Diese ist vom Grad der jeweiligen Fettleibigkeit abhängig und ist Folge einer gestörten Atemmechanik des Übergewichtigen. Es wird vielfach betont (1,11,17,23), daß ein erhöhter Atemwiderstand, der durch Zwerchfelldruckstand infolge Adipositas bedingt sein kann, Fettinfiltrationen der Atemmuskulatur oder eine stärkere Kyphosierung der Brustwirbelsäule die Atemarbeit des Adipösen erschweren. So muß er einen viel größeren Anteil des aufgenommenen Sauerstoffs der Atemmuskulatur auf Kosten der zum Leistungsnachweis gebrauchten Peripherie zur Verfügung stellen. Die bei Normalgewichtigen nachzuweisende lineare Beziehung zwi-

schen Sauerstoffaufnahme und Atemminutenvolumen (45,58) geht deswegen beim Übergewichtigen verloren. Aber nicht allein von seiten des Sauerstoffangebots, sondern auch in bezug auf den Sauerstofftransport, erweist sich das Herz-Kreislauf-System des Adipösen als schlechter.

So ist zu fragen, ob das Herz des Übergewichtigen den benötigten Sauerstoff in ausreichendem Maße liefern kann? Unsere Ergebnisse zeigen, daß das Herzvolumen scheinbar mit dem Körpergewicht korreliert, so daß wir beim Vergleich von Normal- und Übergewichtigen, die sich im Absolutgewicht nicht unterscheiden haben, annähernd gleich große Herzen röntgenkymographisch feststellen konnten (Tab. 9,10). Dennoch kann nicht davon ausgegangen werden, daß auch das jeweilige Schlagvolumen gleiche Größe besitzt. Wie von vielen Untersuchern (2,8,10,12,46,50,51,52) bereits diskutiert, kann man beim Übergewichtigen nicht direkt von der radiologisch gemessenen Herzgröße auf das Schlagvolumen in vivo schließen. Die enge Korrelation geht hier verloren. Mehrere Faktoren sind dafür verantwortlich. So kann eine Herzmuskelhypertrophie, bedingt durch Volumenbelastung oder erhöhten Widerstand, die Herzhöhle, und damit das Schlagvolumen, verkleinern. Zum anderen ist im Röntgenbild ein epikardialer Fettanhang oft nicht eindeutig vom eigentlichen Herzmuskel abzugrenzen, so daß dem Übergewichtigen ein zu großes Herz zugeschrieben wird. Des weiteren kann aber auch eine interstitielle Herzmuskelverfettung, die die Kontraktilität nachteilig beeinflussen würde, bewirken, daß die Auswurfleistung nicht mehr mit der radiologisch gemessenen Herzgröße in direkten Zusammenhang zu bringen ist. Demnach wäre der hoch-signifikant schnellere Puls Übergewichtiger dann auch so zu deuten, daß das Herzminutenvolumen der Adipösen nur dadurch aufrechterhalten wird, daß das zu kleine, nicht dem Körpergewicht voll angepaßte Schlagvolumen durch höhere Herzfrequenzen kompensiert wird, um so die gleiche Transportkapazität wieder zu erreichen. Bei nur mäßig erhöhtem Gewicht scheint dieser Kompensationsmechanismus noch nicht nötig zu sein, da zum einen die Größe des Schlagvolumens mit dem radiologisch gemessenen Herzvolumen noch weitgehend identisch sein kann, zum anderen aber auch eine vermehrte Sauerstoffutilisation, wie sie

eine größere arterio-venöse Differenz zeigen würde, eine stärkere Inanspruchnahme der Frequenzregulation noch nicht notwendig macht.

Der von Åstrand entwickelte Begriff des Sauerstoffpulses, der neben der maximalen Sauerstoffaufnahme (4,6) ebenfalls gut zur Beurteilung der individuellen Leistungsfähigkeit geeignet ist, bringt dann aber die geringere Belastbarkeit auch des mäßig Übergewichtigen zum Ausdruck. So ist sein relativer Sauerstoffpuls niedriger und die lineare Beziehung zwischen Herzvolumen und Sauerstoffpuls, die für Normalgewichtige gilt, geht verloren (48,54). Nach Dransfeld und Mellerowicz (15) ist bei submaximaler Leistung, wie es die gewichtsadäquate Belastung mit 1 Watt/kg Körpergewicht darstellt, das Schlagvolumen des Herzens die entscheidende Größe für das Ergebnis des Sauerstoffpulses, so daß unsere niedrigeren Werte beim Übergewichtigen wieder auf ein nicht an das erhöhte Gewicht angepaßtes Schlagvolumen schließen lassen. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß der Sauerstoffpuls auch von der arterio-venösen Differenz abhängig ist. Normalerweise nimmt die vermehrte Sauerstoffausschöpfung des arteriellen Blutes im Alter zu und wirkt damit in gewissem Maße einer Reduzierung der Herzleistungsfähigkeit entgegen. Beim mäßig Übergewichtigen jedoch könnte dieser Kompensationsmechanismus bereits in jungen Jahren voll in Anspruch genommen werden. Die Folge wäre ein dem Normalgewichtigen vergleichbar großer Sauerstoffpuls, der die geringere Leistungsfähigkeit des mäßig Übergewichtigen bis zu einem gewissen Grad verschleiern kann. Bei vergleichenden Untersuchungen sollte deshalb bei der Beurteilung des mäßig Adipösen darauf geachtet werden.

III. Verhalten des Blutdrucks

Eine gesonderte Darstellung der Blutdruckreaktion halten wir aus folgenden Gründen für wichtig:

- Wir wollten einen allgemein gültigen Normbereich für diesen Belastungsmodus festlegen und damit Vergleichsmöglichkeiten schaffen.
- Die submaximale Belastung mit 1 Watt/kg Körpergewicht entspricht in etwa den alltäglichen Anforderungen an das Herz-Kreislauf-System. Da es hier bereits zu erheblichen Blutdrucksteigerungen kommen kann, ist es wichtig, gerade in diesem Bereich das vaskuläre Risiko einer Hypertonie frühzeitig zu erkennen (32).
- Es ist nicht bekannt, inwieweit sich bei dieser Belastungsart die Blutdruckreaktion Übergewichtiger von Normalgewichtigen unterscheidet.

Auf die Problematik der direkten und indirekten Blutdruckmessung sei hier nur kurz eingegangen. Wie zahlreiche Publikationen belegen (3,30,35), bestehen keine signifikanten Unterschiede für den systolischen Blutdruck bei blutiger bzw. unblutiger Meßmethode, so daß auch mit der Methode nach Riva Rocci zuverlässige Ergebnisse zu erzielen sind. Da unsere Untersuchung ausschließlich im submaximalen Bereich durchgeführt wurde, ist unserer Meinung nach auch der diastolische Wert mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln gewesen (19). Wir haben Blutdruckmanschetten von mindestens 14 cm Breite verwendet und entsprachen damit den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation und der Gesellschaft für Kreislaufforschung. Für Probanden mit besonders dickem Oberarm sind zusätzlich breitere Manschetten bereitgehalten worden.

Wie setzt sich nun der arterielle Blutdruck zusammen? Die Pathophysiologie unterscheidet drei Faktoren: Das Herzminutenvolumen (Herzfrequenz x Schlagvolumen), die Elastizität der großen

Arterien (Windkesselfunktion) und den peripheren Strömungswiderstand (18). Während für den systolischen Wert vor allem das Herzminutenvolumen verantwortlich gemacht wird, ist der diastolische Wert größtenteils vom peripheren Gesamtwiderstand abhängig.

Da die elastische Gefäßwand der großen Arterien sich mit zunehmendem Alter in ein mehr oder weniger starres Rohr verwandelt und das vom Herzen ausgeworfene Schlagvolumen sich somit in vollem Umfang direkt auf sie auswirkt, kann dies im Alter zu einem erhöhten Blutdruck führen. Auch unsere Untersuchung verdeutlicht diesen Altersprozeß. Deshalb ist es besser, einen altersabhängigen Normbereich für die Reaktion des Blutdrucks anzugeben. So haben normalgewichtige Männer unter Belastung systolische Blutdruckwerte von 167 - 176 mmHg, normalgewichtige Frauen Werte von 152 - 173 mmHg (Tab. 1,2). Der errechnete Mittelwert für das gesamte Untersuchungsgut, der lediglich ein Anhaltspunkt für eine normale Blutdruckreaktion unter Belastung mit 1 Watt/kg Körpergewicht sein soll, liegt bei Männern etwa bei 170/95 mmHg und bei Frauen bei ca. 160/90 mmHg.

Allgemein wird nicht bestritten, daß Adipositas einer der wichtigsten Teilfaktoren für die Entwicklung einer Hypertonie darstellt (44) und damit die Lebenserwartung signifikant sinkt. Des weiteren wurde nachgewiesen, daß normotone Übergewichtige eine wesentlich höhere Tendenz zeigen, später einen Hochdruck zu entwickeln als Normalgewichtige (29). Auch aus unserer Untersuchung geht hervor, daß die stark Adipösen mit wesentlich höheren Blutdruckwerten auf die gleiche absolute Belastung (Tab. 9,10) reagierten wie Normalgewichtige. Ihre Werte lagen bei beiden Geschlechtern systolisch um etwa 40 mmHg, diastolisch um ca. 10 mmHg höher. Da allen Untersuchten eine normotone Blutdrucklage in Ruhe zugrunde lag, scheint der schnellere Anstieg des Blutdrucks unter Belastung doch mit dem Grad der Übergewichtigkeit zusammenzuhängen. Die Frage, inwieweit diese überschießende Blutdruckreaktion bereits Ausdruck einer larvierten Hypertonie in Ruhe sein kann, die dann unter Belastung zum Vorschein kommt, kann hier nicht eindeutig beantwortet werden. Nur eine vergleichende Studie mit ebenfalls gewichtsadäquat belasteten Hypertonikern könnte zur Klärung dieses Problems beitragen.

E. Zusammenfassung

Unsere Untersuchung führte zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

- Setzt man die Meßdaten von Herzfrequenz oder Atemäquivalent ins Verhältnis zu ihren Maximalwerten, so ergibt sich daraus, daß die gewichtsbezogene Belastung mit 1 Watt/kg Körpergewicht für Normalgewichtige eine in etwa 60%ige Leistungsanforderung darstellt.
- Das absolute Körpergewicht, der jeweilige Körperbau oder auch die Körpergröße haben bei gewichtsbezogener Belastung keinen Einfluß auf ergospirometrische Parameter. Die Beanspruchung des kardio-vaskulären und pulmonalen Systems war bei allen Normalgewichtigen gleich groß, wie konstante Werte für die Herzfrequenz und das Atemäquivalent belegen. Normbereiche für alle ergospirometrischen Parameter wurden in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter aufgestellt.
- Bei den Übergewichtigen fällt eine große Streubreite der Ergebnisse auf, die vor allem die ergometrische Beurteilung des Einzelnen erschwert. Es ist zu bedenken, daß zu hohes Gewicht nicht nur allein auf eine Vermehrung des Fettgewebes zurückzuführen ist, sondern auch durch eine Zunahme der aktiven Muskelmasse, die allein mit der körperlichen Leistungsfähigkeit korreliert, verursacht sein kann. Somit wird klar, daß in der Gruppe der Übergewichtigen Personen mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit zusammengefaßt sind und dadurch die große Streubreite der ergospirometrischen Parameter bedingt sein kann.
- Trotzdem kommt bei den Übergewichtigen die mangelhafte Adaptation ihres Herz-Kreislauf-Systems an das eigene Gewicht zum Ausdruck. Ein im Verhältnis zum Normalgewichtigen höheres Atemminutenvolumen und Atemäquivalent,

aber eine nur gleich große Sauerstoffaufnahme zeigen, daß Übergewichtige eine erschwerte Atemarbeit zu leisten haben. Der kleinere relative Sauerstoffpuls, sowie die höhere Herzfrequenz verdeutlichen weiter die kardiale Leistungsminderung der Adipösen. Darüber hinaus besitzen sie ein kleineres Herzvolumen, das nicht der Größe des eigenen Körpergewichts entspricht, so daß die gewichtsadäquate Belastung mit steigendem Grad der Fettleibigkeit größere Anstrengungen von ihrem kardio-vaskulären System verlangt.

- Für das Verhalten des Belastungsblutdrucks bei Normalgewichtigen wurden Normbereiche aufgestellt. Er ist abhängig vom Geschlecht und Alter. Bei Belastung mit 1 Watt/kg Körpergewicht liegt er bei den Männern im Bereich von 170/95 mmHg und bei den Frauen um 160/90 mmHg. Die Adipösen in unserem Untersuchungsgut reagierten bei gleicher Leistungsanforderung mit einem erheblich höheren Anstieg ihres Blutdrucks. So liegen ihre systolischen Werte bis 40 mmHg und ihre diastolischen Werte bis 10 mmHg über vergleichbaren Werten der Normalgewichtigen. Ob diese überschießende Belastungsreaktion bereits auf eine larvierte Hypertonie in Ruhe schließen läßt, kann hier nicht eindeutig geklärt werden. Hierzu müßten vergleichende Blutdruckstudien unter gewichtsadäquater Belastung durchgeführt werden.

F. Graphische Darstellungen

- Abkürzungen

VO_2	=	Sauerstoffaufnahme	(ml)
HF	=	Herzfrequenz pro Minute	
AMV	=	Atemminutenvolumen	(l)
$A\ddot{A}$	=	Atemäquivalent	$(AMV \times 100 : VO_2)$
O_2P	=	Sauerstoffpuls	$(VO_2 : HF)$
HV	=	Herzvolumen	(ccm)
n	=	Stichprobenumfang	
$\bar{x}$	=	Mittelwert	
s	=	Standardabweichung	
p	=	Zufallswahrscheinlichkeit	

- Definition der Signifikanz

Definition für das arithmetische Mittel ($\bar{x}$), die Standardabweichung (s) und für die Signifikanz (p) siehe Seite 8.

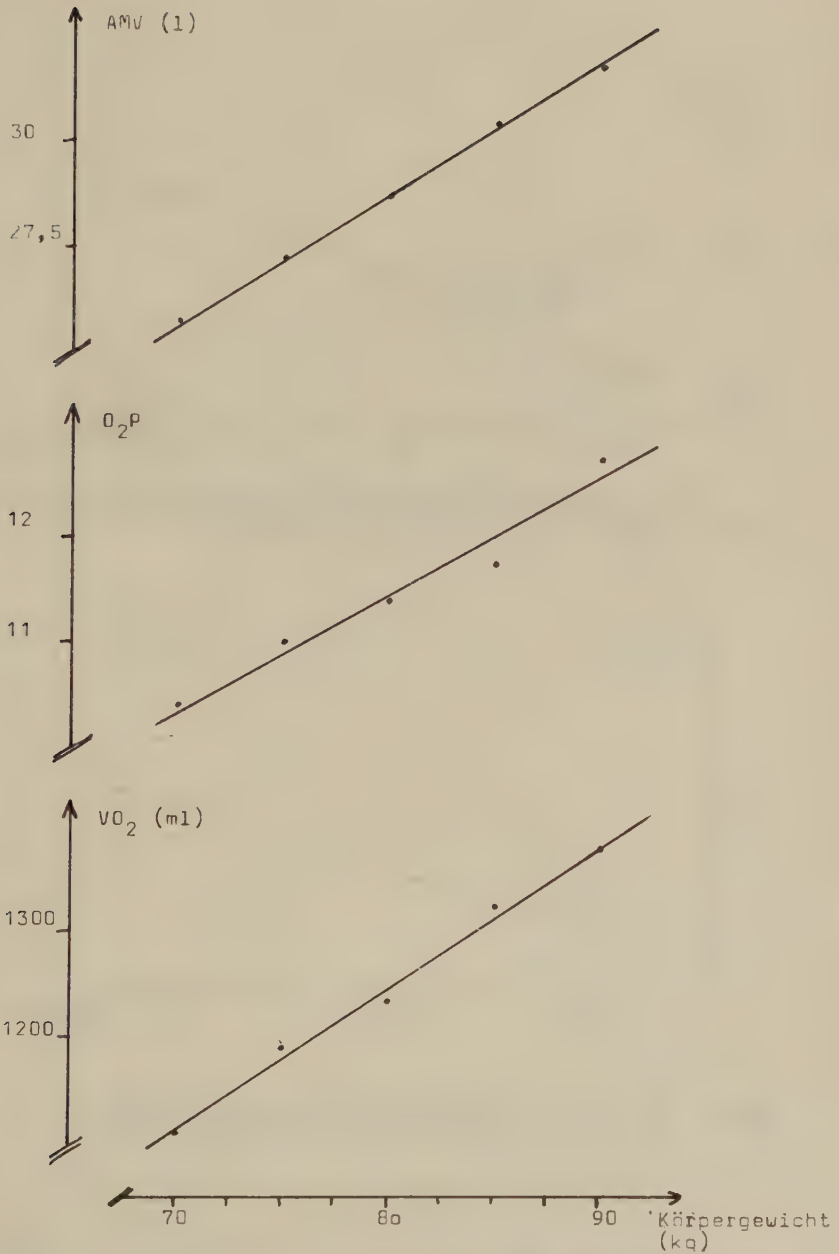


Abb. 1 Mittelwerte von Atemminutenvolumen, Sauerstoffpuls und Sauerstoffaufnahme normalgewichtiger Männer in Relation zum Körpergewicht

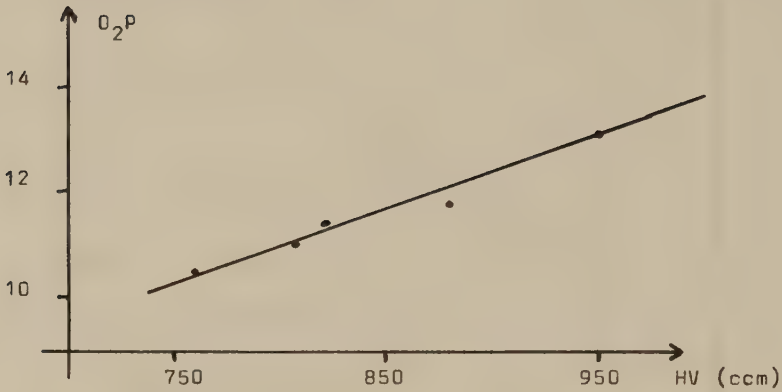


Abb. 2 Mittlerer Sauerstoffpuls von normalgewichtigen Männern in Relation zum Herzvolumen

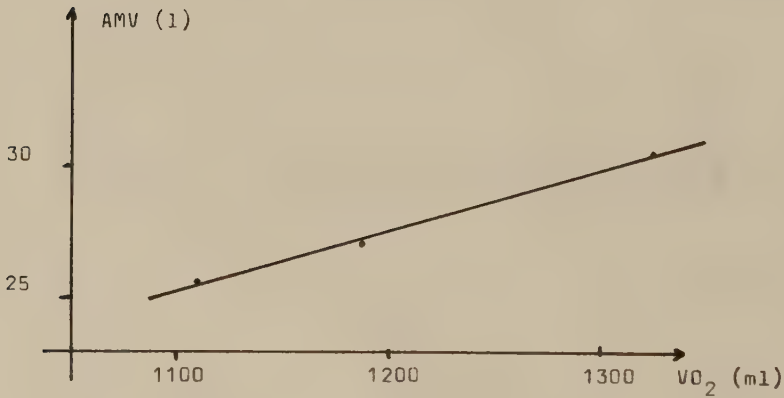


Abb. 3 Mittleres Atemminutenvolumen von normalgewichtigen Männern in Relation zur Sauerstoffaufnahme

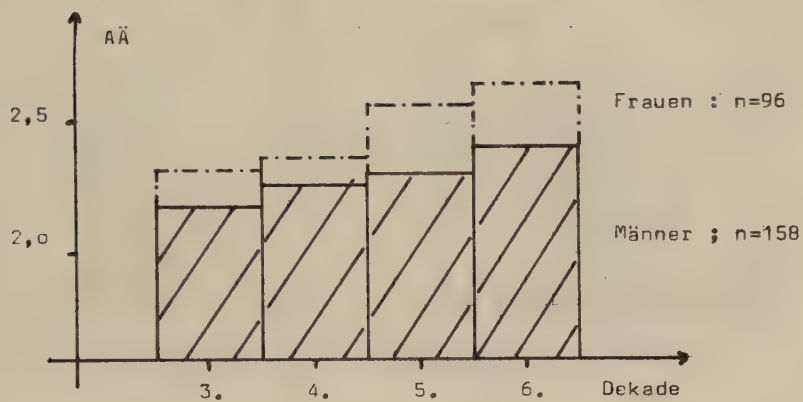
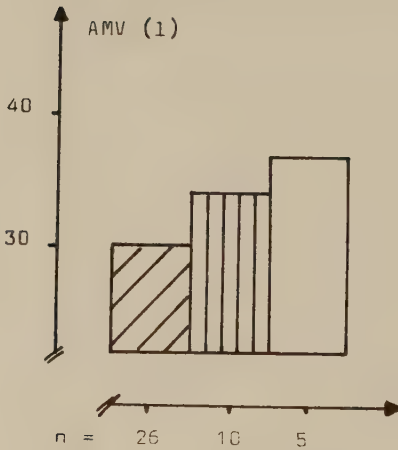
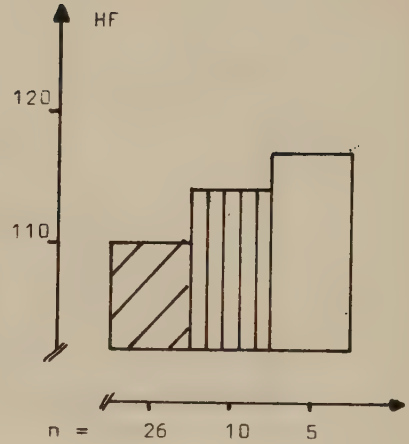
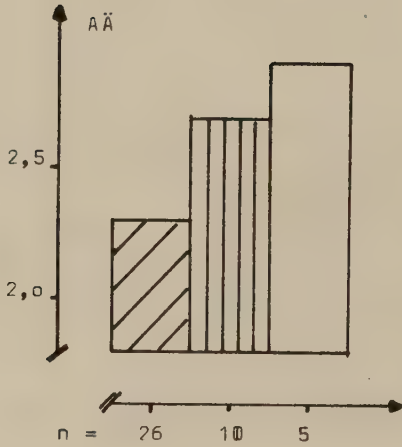


Abb. 4 Mittelwerte des Atemäquivalents bei Männern und Frauen normalen Gewichts vom 3. - 6. Lebensjahrzehnt



-  = Normalgewichtige
-  = Leicht Adipöse
-  = Schwer Adipöse

Abb. 5 Vergleich des Atemäquivalents, der Herzfrequenz und des Atemminutenvolumens von normal-, leicht und schwer Übergewichtigen Männern mit gleichem absoluten Körpergewicht von 81 - 85 kg unter Belastung mit 1 Watt/kg Körpergewicht

G. Tabellen

Verwendete Abkürzungen und Definition des arithmetischen Mittels ($\bar{x}$), der Standardabweichung (s) und der Signifikanz (p) siehe Seite 8 bzw. 27.

Die Prüfung der Signifikanz von Mittelwertunterschieden nach dem Student-Test bezieht sich immer auf die mit diesem Zeichen (..) gekennzeichnete Personengruppe.

Tab. 1 Mittelwert ($\bar{x}$), Standardabweichung (s) und Signifikanz der Zufallswahrscheinlichkeit (p) von ergospirometrischen Parametern bei normalgewichtigen Männern verschiedenen Alters unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht.

Parameter	Altersklassen (in Jahren)				
	Gesamt	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60
n	158	33	45	41	39
HF	$\bar{x}$	107,4	111,4	107,8	106,2
	s	11,3	6,7	17,8	10,3
	p		(..)	ø	ø
AA	$\bar{x}$	2,29	2,19	2,25	2,31
	s	0,24	0,26	0,27	0,22
	p		(..)	ø	*
VO ₂	$\bar{x}$	1214,5	1172,2	1228,0	1235,0
	s	126,7	151,1	136,4	96,5
	p		(..)	ø	ø
AMV	$\bar{x}$	27,9	25,5	27,6	28,4
	s	4,4	4,4	4,4	3,3
	p		(..)	*	**
O ₂ P	$\bar{x}$	11,2	10,5	11,2	11,7
	s	1,3	1,4	1,2	1,3
	p		(..)	ø	ø
HV	$\bar{x}$	822,7	809,2	821,5	837,6
	s	110,1	135,2	95,2	127,3
	p		(..)	ø	ø
VO ₂ /kg	$\bar{x}$	16,1	16,3	15,9	16,0
	s	0,9	1,1	0,8	0,8
	p		(..)	ø	ø
AMV/kg	$\bar{x}$	0,37	0,35	0,36	0,37
	s	0,04	0,04	0,04	0,04
	p		(..)	ø	*
O ₂ P/kg	$\bar{x}$	0,149	0,147	0,146	0,152
	s	0,01	0,01	0,01	0,01
	p		(..)	ø	ø
RR syst.	$\bar{x}$	169,2	167,1	166,5	173,2
	s	18,5	16,3	15,4	26,6
	p		(..)	ø	ø
RR diast.	$\bar{x}$	94,7	92,8	94,1	93,9
	s	6,4	6,8	6,5	6,2
	p		(..)	ø	ø

Tab. 2 Mittelwert ($\bar{x}$), Standardabweichung (s) und Signifikanz der Zufallswahrscheinlichkeit (p) von ergospirometrischen Parametern bei normalgewichtigen Frauen verschiedenen Alters unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht.

Parameter		Altersklassen (in Jahren)				
		Gesamt	27 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60
n		96	23	29	22	22
HF	$\bar{x}$	116,3	116,8	119,8	117,1	112,4
	s	13,1	14,7	14,4	11,6	6,8
	p		(..)	Ø	Ø	Ø
AA	$\bar{x}$	2,40	2,32	2,35	2,53	2,63
	s	0,87	1,0	0,9	1,1	0,8
	p		(..)	Ø	**	**
VO ₂	$\bar{x}$	924,1	894,8	938,0	966,3	926,1
	s	114,6	123,0	90,7	99,2	146,8
	p		(..)	Ø	Ø	Ø
AMV	$\bar{x}$	22,8	22,1	22,2	24,2	23,9
	s	3,6	3,9	3,8	3,4	3,2
	p		(..)	Ø	**	*
O ₂ P	$\bar{x}$	7,9	7,6	7,8	8,3	8,0
	s	0,8	1,0	0,9	1,1	0,8
	p		(..)	Ø	Ø	Ø
HV	$\bar{x}$	594,5	568,6	594,8	620,8	565,1
	s	64,3	63,2	52,5	93,6	35,8
	p		(..)	Ø	Ø	Ø
VO ₂ /kg	$\bar{x}$	15,9	15,9	15,9	16,2	16,0
	s	0,9	1,1	0,9	0,7	0,6
	p		(..)	Ø	Ø	Ø
AMV/kg	$\bar{x}$	0,38	0,37	0,38	0,40	0,41
	s	0,06	0,06	0,06	0,04	0,07
	p		(..)	Ø	**	***
O ₂ P/kg	$\bar{x}$	0,135	0,013	0,013	0,140	0,140
	s	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	p		(..)	Ø	Ø	Ø
RR syst.	$\bar{x}$	160,3	152,6	158,7	161,8	173,5
	s	12,6	16,0	17,9	7,3	18,4
	p		(..)	Ø	Ø	*
RR diast.	$\bar{x}$	92,1	92,1	89,7	94,3	93,2
	s	5,1	6,7	5,8	4,9	4,8
	p		(..)	Ø	Ø	Ø

Tab. 3 Mittelwert ($\bar{x}$), Standardabweichung (s) und Signifikanz der Zufallswahrscheinlichkeit (p) von ergospirometrischen Parametern bei normalgewichtigen Männern mit unterschiedlichem Körpergewicht unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht.

Parameter		Gewichtsklassen				
		66 - 70 kg	71 - 75 kg	76 - 80 kg	81 - 85 kg	86 - 90 kg
n		28	39	44	26	21
HF	$\bar{x}$	107,6	108,0	108,6	110,1	108,3
	s	10,1	8,1	8,9	7,7	9,3
	p	(..)	Ø	Ø	Ø	Ø
AÄ	$\bar{x}$	2,34	2,31	2,34	2,32	2,32
	s	0,27	0,36	0,29	0,33	0,21
	p	(..)	Ø	Ø	Ø	Ø
VO ₂	$\bar{x}$	1108,9	1186,9	1234,2	1323,8	1370,4
	s	79,2	63,8	58,2	82,3	70,1
	p	(..)	Ø	*	**	***
AMV	$\bar{x}$	25,7	27,1	28,6	30,4	32,1
	s	3,0	4,1	3,8	4,5	3,3
	p	(..)	Ø	**	***	***
O ₂ P	$\bar{x}$	10,4	11,0	11,4	11,7	12,8
	s	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
	p	(..)	Ø	Ø	Ø	*
HV	$\bar{x}$	763,3	810,3	822,6	881,1	933,5
	s	110,3	75,1	88,8	57,4	112,5
	p	(..)	Ø	Ø	*	**
VO ₂ /kg	$\bar{x}$	16,4	16,3	16,0	16,2	15,7
	s	1,1	0,8	0,8	0,9	0,9
	p	(..)	Ø	Ø	Ø	Ø
AMV/kg	$\bar{x}$	0,38	0,37	0,38	0,37	0,37
	s	0,03	0,05	0,05	0,05	0,03
	p	(..)	Ø	Ø	Ø	Ø
O ₂ P/kg	$\bar{x}$	0,154	0,151	0,149	0,144	0,146
	s	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	p	(..)	Ø	Ø	Ø	Ø
RR syst.	$\bar{x}$	166,2	180,3	178,1	182,2	181,9
	s	19,9	19,7	18,2	15,0	15,5
	p	(..)	Ø	Ø	Ø	Ø
RR diast.	$\bar{x}$	91,5	96,2	95,8	97,1	96,7
	s	6,2	6,4	5,2	7,3	6,1
	p	(..)	Ø	Ø	Ø	Ø

Tab. 4 Mittelwert ($\bar{x}$), Standardabweichung (s) und Signifikanz der Zufallswahrscheinlichkeit (p) von ergospirometrischen Parametern bei normalgewichtigen Frauen mit unterschiedlichem Körpergewicht unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht.

Parameter		Gewichtsklassen		
		51 - 55 kg	56 - 60 kg	61 - 65 kg
n		18	26	39
HF	$\bar{x}$	117,7	117,6	117,7
	s	8,7	17,0	11,4
	p	(..)	Ø	Ø
AA	$\bar{x}$	2,43	2,42	2,44
	s	0,23	0,35	0,36
	p	(..)	Ø	Ø
VO ₂	$\bar{x}$	816,3	887,5	994,7
	s	48,5	70,4	70,8
	p	(..)	Ø	*
AMV	$\bar{x}$	20,4	21,3	24,1
	s	2,3	3,3	3,2
	p	(..)	Ø	
O ₂ P	$\bar{x}$	6,9	7,6	8,4
	s	0,7	0,9	0,8
	p	(..)	Ø	*
HV	$\bar{x}$	555,4	611,6	622,3
	s	39,1	58,5	75,2
	p	(..)	*	*
VO ₂ /kg	$\bar{x}$	15,8	15,8	16,2
	s	1,0	1,1	1,0
	p	(..)	Ø	Ø
AMV/kg	$\bar{x}$	0,39	0,38	0,38
	s	0,04	0,05	0,08
	p	(..)	Ø	Ø
O ₂ P/kg	$\bar{x}$	0,132	0,136	0,140
	s	0,01	0,01	0,01
	p	(..)	Ø	Ø
RR syst.	$\bar{x}$	162,1	167,8	171,5
	s	14,9	16,7	18,5
	p	(..)	Ø	Ø
RR diast.	$\bar{x}$	92,3	91,8	94,1
	s	5,8	7,5	4,7
	p	(..)	Ø	Ø

Tab. 5 Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) von ergospirometrischen Parametern bei adipösen Männern verschiedenen Alters unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht.

Parameter		Altersklassen (in Jahren)			
		Gesamt	31 - 40	41 - 50	51 - 60
n		52	6	24	22
HF	$\bar{x}$	113,8	111,1	113,9	114,8
	s	10,0	9,5	9,3	11,2
AA	$\bar{x}$	2,61	2,37	2,64	2,89
	s	0,4	0,4	0,4	0,5
VO ₂	$\bar{x}$	1448,9	1356,6	1498,3	1413,9
	s	199,2	214,2	195,3	199,7
AMV	$\bar{x}$	39,3	32,6	40,1	40,3
	s	10,0	10,2	10,7	9,1
O ₂ P	$\bar{x}$	12,7	12,3	13,1	12,4
	s	1,6	1,0	1,7	1,8
HV	$\bar{x}$	937,8	951,4	968,4	891,6
	s	116,2	126,1	140,7	90,8
VO ₂ /kg	$\bar{x}$	15,6	15,1	15,7	15,7
	s	2,2	2,1	1,0	1,2
AMV/kg	$\bar{x}$	0,42	0,35	0,42	0,45
	s	0,08	0,07	0,10	0,08
O ₂ P/kg	$\bar{x}$	0,137	0,135	0,138	0,138
	s	0,01	0,01	0,01	0,01
RR syst.	$\bar{x}$	202,3	189,1	201,6	202,8
	s	25,2	20,8	28,6	32,7
RR diast.	$\bar{x}$	109,2	104,2	110,5	108,4
	s	7,5	10,6	5,7	8,2

Tab. 6 Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) von ergospirometrischen Parametern bei adipösen Frauen verschiedenen Alters unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht.

Parameter		Altersklassen (in Jahren)			
		Gesamt	31 - 40	41 - 50	51 - 60
n		21	5	5	11
HF	$\bar{x}$	127,2	130,1	127,3	126,5
	s	14,3	17,1	13,0	13,9
AÄ	$\bar{x}$	2,91	2,60	3,00	2,90
	s	0,5	0,5	0,6	0,4
VO ₂	$\bar{x}$	1107,7	998,0	1311,6	1061,8
	s	141,6	118,4	172,9	135,7
AMV	$\bar{x}$	32,2	25,9	39,7	31,5
	s	6,5	6,0	9,1	5,4
O ₂ P	$\bar{x}$	8,7	7,7	10,4	8,4
	s	1,3	0,5	2,3	1,3
HV	$\bar{x}$	686,3	568,3	755,8	711,8
	s	87,3	45,6	154,4	75,2
VO ₂ /kg	$\bar{x}$	15,8	15,6	16,2	15,6
	s	1,5	0,4	1,2	2,1
AMV/kg	$\bar{x}$	0,47	0,40	0,55	0,46
	s	0,10	0,083	0,152	0,083
O ₂ P/kg	$\bar{x}$	0,129	0,122	0,129	0,133
	s	0,01	0,01	0,01	0,01
RR syst.	$\bar{x}$	203,3	180,8	222,1	217,1
	s	29,2	14,5	16,8	7,1
RR diast.	$\bar{x}$	104,5	92,6	116,8	107,2
	s	13,9	10,3	8,9	12,3

Tab. 7 Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) von ergospirometrischen Parametern bei leicht und stark adipösen (LA, SA) Männern verschiedener Gewichtsklassen unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht.

Parameter	Gewichtsklassen								
	81-85 kg		86-90 kg		91-95 kg		96-100 kg		
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
	10	5	10	6	8	5	5	3	
HF	$\bar{x}$	114,2	117,3	107,2	120,7	103,8	118,6	116,4	120,2
	s	9,4	3,7	8,6	4,8	7,5	5,5	5,6	6,6
AÄ	$\bar{x}$	2,62	2,89	2,57	2,96	2,48	2,80	2,47	2,54
	s	0,40	0,48	0,38	0,24	0,37	0,43	0,90	0,29
VO ₂	$\bar{x}$	1300,3	1326,7	1316,5	1392,5	1330,1	1427,6	1525,7	1576,1
	s	48,1	56,9	74,3	71,8	175,4	133,2	35,3	63,9
AMV	$\bar{x}$	34,1	37,1	33,2	41,3	33,2	39,6	34,5	36,6
	s	3,7	7,0	5,9	3,7	6,8	4,5	7,4	8,2
O ₂ P	$\bar{x}$	11,3	11,2	12,3	11,6	12,8	12,0	13,1	13,2
	s	1,1	0,5	1,3	0,8	1,6	1,5	0,3	0,4
HV	$\bar{x}$	909,2	906,4	944,1	931,5	887,3	930,8	1015,2	1016,2
	s	53,8	79,4	106,4	158,5	129,7	179,6	97,3	29,1
VO ₂ /kg	$\bar{x}$	15,5	15,6	14,8	15,4	14,4	15,6	15,3	16,1
	s	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	1,1	0,4	0,6
AMV/kg	$\bar{x}$	0,40	0,44	0,37	0,46	0,38	0,43	0,34	0,42
	s	0,04	0,08	0,07	0,03	0,07	0,05	0,07	0,03
O ₂ P/kg	$\bar{x}$	0,138	0,134	0,137	0,121	0,140	0,131	0,138	0,130
	s	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002
RR syst.	$\bar{x}$	187,3	226,5	187,5	224,3	184,2	226,8	187,3	225,5
	s	13,7	11,4	16,5	23,1	15,2	13,8	25,8	10,0
RR diast.	$\bar{x}$	104,6	109,8	101,1	114,1	103,5	117,8	104,1	112,7
	s	7,2	4,1	5,2	5,8	10,9	9,0	10,8	7,6

Tab. 8 Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) von ergospirometrischen Parametern bei adipösen Frauen verschiedener Gewichtsklassen unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht

Parameter		Gewichtsklassen		
		56 - 60 kg	61 - 65 kg	66 - 70 kg
n		11	5	5
HF	$\bar{x}$	120,2	124,1	135,3
	s	11,9	8,7	9,6
AK	$\bar{x}$	2,78	2,78	2,74
	s	0,52	0,46	0,60
VO ₂	$\bar{x}$	958,1	1026,2	1060,0
	s	104,0	108,7	140,0
AMV	$\bar{x}$	26,7	28,2	29,4
	s	5,8	3,3	9,2
O ₂ P	$\bar{x}$	7,96	8,27	7,76
	s	0,58	0,65	0,27
HV	$\bar{x}$	639,5	604,2	677,8
	s	61,4	105,1	55,6
VO ₂ /kg	$\bar{x}$	15,7	16,3	15,3
	s	1,7	2,1	1,8
AMV/kg	$\bar{x}$	0,438	0,444	0,425
	s	0,09	0,07	0,12
O ₂ P/kg	$\bar{x}$	0,132	0,132	0,120
	s	0,01	0,01	0,01
RR syst.	$\bar{x}$	202,3	198,3	210,2
	s	26,1	27,9	7,1
RR diast.	$\bar{x}$	100,6	101,1	105,6
	s	12,9	9,6	8,0

Tab. 9 Vergleich von normalgewichtigen (NG), leicht und stark adipösen (LA, SA) Männern mit absolutem Körpergewicht von 81 - 85 kg unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht

Gewicht	Parameter									
81-85 kg	HF	AK	VO ₂	AMV	O ₂ P	HV	VO ₂ /kg	AMV/kg	O ₂ P/kg	RR syst. RR diast.
NG	110,1	2,32	1323,8	30,4	11,7	881,1	16,2	0,37	0,144	182,2 97,1
s	7,7	0,33	82,3	4,5	1,1	57,4	0,9	0,05	0,01	15,0 7,3
n = 26	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)
LA										
n = 10	114,2	2,62	1300,3	34,1	11,3	909,2	15,5	0,40	0,138	187,3 104,6
s	9,4	0,40	48,1	3,7	1,1	53,8	0,6	0,04	0,01	13,7 7,2
p	ø	*	ø	*	ø	ø	ø	ø	ø	ø
SA										
n = 5	117,3	2,89	1326,7	37,1	11,2	906,4	15,6	0,44	0,134	226,5 109,8
s	3,7	0,48	56,9	7,0	0,5	79,4	0,7	0,08	0,006	11,4 4,1
p	**	*	ø	*	ø	ø	ø	*	**	*** **

Tab. 10 Vergleich von normal- (NG) und übergewichtigen Frauen (ÜG) mit absolutem Körpergewicht von 56 - 60 kg unter Belastung mit 1 Watt pro kg Körpergewicht

Gewicht	Parameter									
56-60 kg	HF	AK	VO ₂	AMV	O ₂ P	HV	VO ₂ /kg	AMV/kg	O ₂ P/kg	RR syst. RR diast.
NG	117,6	2,42	887,5	21,3	7,6	611,6	15,8	0,38	0,136	167,8 91,8
s	17,0	0,35	70,4	3,3	0,9	58,5	1,1	0,05	0,01	16,7 7,5
n = 26	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)	(..)
ÜG	120,2	2,78	958,1	26,7	7,9	639,5	15,7	0,43	0,132	202,3 100,6
s	11,9	0,52	104,0	5,8	0,5	61,4	1,7	0,09	0,01	26,1 12,9
n = 11	ø	*	ø	*	ø	ø	ø	*	ø	** *

Tab. 11 Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichung (s) von Blutdruckwerten normal- und übergewichtiger Probanden vor Beginn der Untersuchung in Ruhe

Normalgewichtige

Altersklassen		21 - 30		31 - 40		41 - 50		51 - 60	
(in Jahren)		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
Männer	n	33		45		41		39	
	$\bar{x}$	126,6	82,3	128,7	86,6	125,3	83,2	127,1	84,5
	s	6,9	5,7	8,8	5,5	8,2	3,7	8,7	4,6
Frauen	n	23		29		22		22	
	$\bar{x}$	119,5	80,5	118,9	80,8	129,1	86,6	127,4	86,3
	s	11,7	9,8	8,6	6,3	8,6	6,8	9,7	4,4

Übergewichtige

Altersklassen		21 - 30		31 - 40		41 - 50		51 - 60	
(in Jahren)		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
Männer	n			6		24		22	
	$\bar{x}$	Ø		128,2	82,5	128,1	87,4	130,9	86,8
	s			8,5	5,1	6,8	5,2	9,1	5,6
Frauen	n			5		5		11	
	$\bar{x}$	Ø		126,1	80,1	131,3	87,5	133,1	85,1
	s			5,2	6,1	8,0	3,7	7,6	4,7

H. Literaturverzeichnis

1. Alexander, J.K., Guthrie, A.E., Sakaguchi, R.,
Crawford, H.W., Cole, V.N.:
Lung volume changes with extreme obesity
Clin. Res. 7 (1959) 171
2. Amad, K.H., Breman, J.C., Alexander, J.K.:
The Cardiac Pathology of Chronic Exogenous Obesity
Circulation 32 (1965) 740
3. Anschütz, F.:
Über die Zuverlässigkeit der auskultatorisch er-
mittelten Blutdruckwerte unter körperlicher Belastung
Fortsch. Med. 88 (1970) 1391
4. Åstrand, P.O.:
Maximal oxygen uptake and heart rate in various
types of muscular activity
J. appl. Physiol. 16 (1961) 977
5. Åstrand, P.O.:
Human Physical Fitness With special Reference to
Sex and Age
Physiol. Reviews 36 (1956) 367
6. Åstrand, P.O., Christiansen, E.H.:
Aerobic Work capacity
Pergamon-Press, Oxford-London-Edinburgh (1964)
7. Beck, B.:
Über die Sollwerte direkt gewonnener Herz- und
Kreislaufgrößen während gewichtsbezogener sub-
maximaler Belastung
Z. Kreisl.-Forsch. 57 (1968) 986
8. Björck, G.:
On the Relationship between the Heart Volume and
Various Physical Factors
Acta Radiol. 25 (1944) 372

9. Buskirk, E., Taylor, H.C., Simonsen, E.:
Relationship between Obesity and the Puls Rate at
Rest and during Work in Young and Older Men
Int. Z. ang. Physiol. einschl. Arbeitsphy.
16 (1955) 83
10. Cermak, J.:
Das Herzvolumen bei Fettleibigen
Arch. Kreisl.-Forsch. 47 (1963) 234
11. Cullen, J.H., Formel, F.:
The Respiratory defects in extreme Obesity
Amer. J. Med. 32 (1962) 525
12. Divitiis, de O., Fazio, S., Petitto, M., Maddalena, G.,
Contaldo, F., Mancini, M.:
Obesity and Cardiac Function
Circulation 64 (1981) 477
13. Dominik, G., Hansen, G., Mellerowicz, H.:
Vergleichende Untersuchungen über das Verhalten
verschiedener kardio-pulmonaler Leistungsfunktionen
bei einer Standardleistung am Ergometer von 1 Watt/kg
Körpergewicht an 20 - 60jährigen gesunden Frauen
Z. Kreisl.-Forsch. 56 (1967) 917
14. Dransfeld, B., Mellerowicz, H.:
Untersuchungen über das Verhalten der Herzschlag-
frequenz während und nach körperlichen Leistungen
Int. Z. angew. Physiol.
- 16 (1957) 464
- 17 (1958) 207
15. Dransfeld, B., Mellerowicz, H.:
Der Sauerstoffpuls während einer Leistung von
1 Watt/kg Körpergewicht
Z. Kreisl. - Forsch. 48 (1959) 901

16. Dublin, L.I., Lotka, A.J.:
Length of Life
Ronald Press Co., New York (1936)
17. Eiselt, E., Fischer, A.:
Atemäquivalente bei alten Sportlern
Sportarzt 12 (1961) 260
18. Franz, I.-W.:
Belastungsblutdruck bei Hochdruckkranken
Springer-Verlg., Berlin-Heidelberg-New York (1981)
19. Franz, I.-W.:
Untersuchungen über das Blutdruckverhalten während
und nach Ergometrie bei Grenzwerthypertonikern im
Vergleich zu Normalpersonen und Patienten mit stabiler
Hypertonie
Z. Kardiol. 68 (1979) 107
20. Gross, R., Schölmerich:
Lehrbuch der Inneren Medizin
Schattauer Verlag, Stuttg.-New York (1977)
21. Hansen, G.:
Atemzeitvolumen und Atemäquivalent bei ergometrischer
Leistung
1. Int. Sem. F. Ergom., Berlin (1965)
22. Hollmann, W., Bonchard, C., Venrath, H., Herkenrath, G.:
Vergleichende Untersuchungen über die Aussagekraft
des Master-, Harvard-, Tuttle-, Schneider-,
Hettinger- und Lion-Tests bezüglich der kardio-
pulmonalen Leistungsfähigkeit.
Z. Kreisl.-Forsch. 54 (1965) 647
23. Hollmann, W., Barg, W., Weyer, G., Heck, H.:
Der Alterseinfluß auf spiroergometrische Meßgrößen
im submaximalen Arbeitsbereich
Med. Welt 21 (1970) 1280

24. Hertle, F., Abel, H., Heidl, H.:
Die Abhängigkeit der Arbeitsfrequenz und Frequenz-
steigerung bei einer submaximalen Ergometerbelastung
von Alter und Geschlecht
Int. Z. angew. Physiol. 24 (1967) 320
25. Hettinger, T.:
Messung der Belastungsfähigkeit des Kreislaufs
mit einem neuen Stufentest
Zbl. Arbeitsmed. 12 (1962) 56
26. Josenhans, W.C.T.:
Physical Fitness, Muscle Force and Endurance of
Male Adults of Overweight
Int. Z. angew. Physiol. 19 (1968) 73
27. Kahlstorf, A.:
Über Korrelationen der linearen Herzmasse und
des Herzvolumens
Klin. Wschr. 12 (1933) 262
28. Kaltenbach, M., Klepzig, H., Tschirdewahn, B.:
Die Kletterstufe, eine einfache Vorrichtung für
exakt meßbare und reproduzierbare Belastungs-
untersuchungen
Med. Klinik 59 (1964) 248
29. Kamel, W.B., Castelli, W.P., Gordon, T., Mc Namara, P.M.:
Serum Cholesterol, Lipoproteins and the Risk of
Coronary Heart Disease - The Framingham Study
Ann. Intern. Med. 74 (1971) 1
30. Kleinhanss, G., Jürgel, S., Parsmann, S.:
Zum Aussagewert indirekter Blutdruckbestimmungen in
Ruhe und bei Kreislaufbelastung durch Ergometerar-
beit
Z. Kreisl.-Forsch. 60 (1971) 136

31. König, K., Reindell, H., Musshoff, K., Roskamm, H., Kessler, M.:
Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 20-60jährigen gesunden Männern
Arch. Kreisl.-Forsch. 35 (1961) 37
32. Krönig, B.:
Blutdruckvariabilität bei Hochdruckkranken
Hüthig-Verlg., Heidelberg (1967)
33. Lingen, P. van, Seaward, D., Odendaal, W.A.:
Work speed as a measure of an equivalent exercise stress in subjects of different weights
Circulation 32 (1965) 940
34. Master, A.M.:
The two-step test of myocardial function
American Heart J. 10 (1935) 495
35. Matthes, D., Schütz, P., Hüllemann, K.-D.:
Unterschiede zwischen indirekt und direkt ermittelten Blutdruckwerten
Med. Klinik 11 (1978) 371
36. Mellerowicz, H.:
Ergometrie 3. Aufl. Urban & Schwarzenberg Verlag
München-Wien-Baltimore 1979
37. Mellerowicz, H.:
Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung
1. Int. Sem. f. Ergo. Berlin (1965)
38. Mellerowicz, H., Hansen, G.:
Vereinbarung des Standardisierungskomitees für Ergometrie im ICSPE, Leistungsumsatzbedingungen bei ergometrischen Untersuchungen
2. Int. Sem. f. Ergo. Berlin (1967)

39. Mellerowicz, H., Schmutzler, H., Maidorn, K.:
Die Herzschlagfrequenz und die arteriellen Druckwerte
nach einer Leistung von 1 Watt/kg Körpergewicht/1 Min.
bei 20-30jährigen Männern; ein Vorschlag zur Standardi-
sierung der Regulationsprüfung des Kreislaufs
Z. Kreisl.-Forsch. 47 (1958) 792
40. Michel, D., Seraphim, P.H., Eigler, E.:
Übergewichtigkeit, Herz- und Kreislaufsystem
Ärztl. Praxis 91 (1968) 4403
41. Michels, K.H.:
Adipositas und vorzeitige Invalidität
Z. Ges. inn. Med. 20 (1965) 203
42. Mocellin, R.:
Untersuchung über die körperliche Leistungsfähigkeit
von herzkranken und adipösen Kindern
Diss. München 1965
43. Müller, E.A.:
Ein Leistungspulsindex als Maß der Leistungsfähigkeit
Int. Z. angew. Physiol. 14 (1950) 217
44. Müller, E.A.:
Zur Epidemiologie der Hypertonie. Fragestellung,
Methodik und Ergebnisse epidemiologischer Blut-
druckuntersuchungen.
Z. Kreisl.-Forsch. 50 (1961) 464
45. Reindell, H., Kirchhoff, H.W.:
Über kombinierte Funktionsprüfungen des Kreislaufs
und der Atmung
I. Mitteilung: Untersuchungen am Menschen mit durch-
schnittlicher Leistungsbreite und an Hochleistungs-
sportlern
Dtsch. med. Wschr. 81 (1956) 592
Dtsch. med. Wschr. 81 (1956) 659 2. Teil

46. Reindell, H., Musshoff, K., Klepzig, H.:
Physiologische und Pathologische Grundlagen der
Größen- und Formänderung des Herzens
Hdb. d. inn. Med. Bd. IX/1 Springer-Verlg.
Berlin-Göttingen-Heidelberg (1960)
47. Schmidt, F.L.:
Die Bedeutung der Umdrehungszahl beim Vergleichen und
Beurteilen ergometrischer Untersuchungsergebnisse
Sportarzt und Sportmed. 19 (1968) 354
48. Schneider, K.W., Rost, R., Guttentlöhner, W.:
Kreislauffunktion bei Sportlern. Hämodynamische Unter-
suchungen mit der Indikatormethode
FK Schattauer Verl. Stuttg.-New York 1970
49. Schwalb, H.:
Zur Beurteilung des Sauerstoffpulses bei Übergewichtigen
2. Int. Sem. f. Ergo. Berlin (1967)
50. Schwalb, H.:
Untersuchungen über die Ökonomie und Leistungsfähig-
keit des Kreislaufs im mittleren Lebensalter.
Ergospirometrische Ergebnisse bei 40-50jährigen
Männern in Beziehung zur körperlichen Aktivität
und zum Körpergewicht
Arch. Kreisl.-Forsch. 56 (1968) 151
51. Schwalb, H., Eberl, J.:
Herzvolumen und Sauerstoffpuls bei Übergewichtigen
Verh. dtsch. Ges. inn. Med. 13 (1967) 596
52. Schwalb, H., Schwendemann, P.A.:
Der Einfluß der Übergewichtigkeit auf die kardiale
und körperliche Leistungsfähigkeit bei 20-70jähri-
gen Männern
Münch. Med. Wschr. 115 (1973) 2113

53. Schwalb, H., Smasal, V.:

Beurteilung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit
mit ergospirometrischen Parametern bei einer Leistung
von 1 Watt/kg Körpergewicht

54. Sieber, W.:

Vergleich submaximaler Testverfahren - stufenweise
ansteigend, kontinuierlich ansteigend und konstante
Leistung - zur Untersuchung des Herz-Kreislauf-
Systems

Z. Kardiolog. 62 (1968) 822

55. Sjöstrand, T.:

Die pathologische Physiologie der Korrelation
zwischen Herz und Gefäßsystem.

Verh. Ges. Kreisf.-Forsch. 22 (1956) 143

56. Sjöstrand, T.:

Relationen zwischen Bau und Funktion des Kreislauf-Sy-
stems und ihre Veränderungen unter pathologischen Be-
dingungen.

Forum cardiolog. 3, Mannheim-Waldhof (1960)

57. Skranc, O.:

Vergleich der Leistungsfähigkeit von Männern und
Frauen verschiedenen Alters

Cor-Ergebnisse der Ergometrie

Perimed-Verlag Nbg. (1975)

58. Wirz, P.:

Vergleichende spiroergometrische Untersuchungen
bei Sportlern

Schweiz. Z. Sportmed. 13 (1965) 45

59. World Health Organisation

Arterial hypertension, Technical Report Series 628
WHO Genf (1978)

K. Lebenslauf

1954	17. Mai	geboren in Augsburg
1960	Sept.	Eintritt in die Volksschule in Zirndorf bei Nürnberg
1964	Sept.	Eintritt in das humanistische Gymnasium in Fürth/Bayern
1968	Feb.	Übertritt in das naturwissenschaftliche Hardenberg-Gymnasium in Fürth
1973	Juni	Kollegstufenabitur an obiger Schule
1974	Jan.	2-jähriger Militärdienst in Füssen
1976	Okt.	Banklehre bei der Bayerischen Vereins- bank in Augsburg
1978	Jan.	Prüfung zum Bankkaufmann
1978	Mai	Beginn des Medizinstudiums an der Ludwig-Maximilian-Universität München
1980	März	Physikum in München
1981	März	I. Staatsexamen
1983	März	II. Staatsexamen
1984	März	III. Staatsexamen

Recht herzlich danken möchte ich an dieser Stelle all denen,
die mir bei meiner Arbeit mit Rat und Tat zur Seite standen:

Herrn Prof. Dr. H. Schwalb für die Überlassung des Themas
und die immer freundliche Beratung.

Herrn Prof. Dr. G. Schimert für die Möglichkeit, an dem von
ihm geleiteten Institut die notwendigen Untersuchungen
durchführen zu können.

Frau Gisela Meier für ihre stets hilfreiche Unterstützung.

Wird fernerhin darauf verwiesen, daß die in diesem Briefe mitgetheilte
die mit dem Namen "Hilf" mit der Zeit von selbst erledigt

Wird ferner, daß die in diesem Briefe mitgetheilte
die mit dem Namen "Hilf" mit der Zeit von selbst erledigt

Wird ferner, daß die in diesem Briefe mitgetheilte
die mit dem Namen "Hilf" mit der Zeit von selbst erledigt

Wird ferner, daß die in diesem Briefe mitgetheilte
die mit dem Namen "Hilf" mit der Zeit von selbst erledigt

